8993
III

Natanson WF.

1.

Wiadomości z nauki funkcji dla szkół wydziałowych. I redakcja

Rkp. Inoch. - ołówek - poprawki ręką Natansona

12.1-96

Część pierwsza.

O ruchu. O siłach. O energii. O ciężkości. O ciążeniu.

§. 1. Ciała.

Mamy ~~ciągle~~ wciąż do czynienia z różnemi rzeczami czyli przedmiotami; ~~[w nauce nazywamy je, dotykamy się ich. Niektóre także nazywają się w nauce ciałami.~~ ; w nauce nazywamy je ciałami.

~~Sprzęty~~ (naprzykład) nasze, naczynia, narzędzia, budynki, odzież nasza, potrawy, napoje, kamienie, rośliny, zwierzęta – ~~wszystko to~~ są to ciała. ~~Zarówno~~ Drobne ziarnko piasku ~~jak~~ olbrzymia góra – jest ciałem. Zarówno kawałeczek, jak chmura na niebie, ~~lub~~ jak dym, uchodzący z komina, ~~jest ciałem~~. Woda, ~~która~~ płynąca rzeka

; dalej

jest ciałem,

jest ciałem,

ką, jest ciałem; ciałem jest też powietrze, w którym jesteśmy ~~ciągle~~ zanurzeni, ~~które dwie rzeczy, jako ciała~~.

Ciała zajmują i wypełniają miejsce; powiadamy, że każde ciało ma pewną objętość. ~~Tak więc~~ i góra np. ma pewną objętość, i ziarnko piasku ma pewną objętość; tylko góra ma znacznie większą [objętość. Wnętrze dzbana ma większą objętość niż szklanka; powiadamy, że dzban ma większą pojemność niż szklanka.

Weźmy duży arkusz papieru i niewielki klocek drewniany. Arkusz papieru ma mniejszą objętość niż klocek; jeśli ~~np.~~ włożymy pokolei jedno i drugie do ~~szklanego~~ dzbana, pełnego wody, zobaczymy, że klocek wypycha znacznie więcej wody niż papier, tj. zajmuje znacznie

[objętość.

23.

więcej miejsca. Ale arkusz papieru ma znacznie większą powierzchnię, niż klocek. Istotnie, możemy klocek owinąć papierem i nie tylko raz, ale kilka razy. — Dlaczego papier pomimo większej powierzchni ma mierzalną objętość? — Ponieważ papier ma grubość mierzalną. ~~Arkusz bibułki, o powierzchni tej samej jak arkusz papieru, ma objętość większą.~~

~~Bardzo cienki drut, mający taką samą objętość jak ołówek, ale różnego kształtu, będzie miał długość większą.~~ Kawałek drutu równie długi jak ołówek, będzie miał objętość mniejszą, [niż ołówek, ponieważ jest mniej grubszy, czyli ma mniejsze poprzeczne przecięcie. [ponieważ Kieratomperowany (1gr. kowce) ~~ołówka przedstawia nam powierzchnię, przecięcie~~ [(powierzchnię przecięcia ołówka przedstawia nam

[sama objętość, jak ołówek, jeśli mniejsze swe przekrycie wynagrodzi znacznie większą długością. —

~~otrzyma~~ / Ale bardzo długi drut może mieć taką]

Takie własności ciał, jak objętość, powierzchnia, długość, nazywają się geometrycznemi własnościami, ponieważ stanowią one przedmiot nauki Geometryi.

§. 2. O mierzeniu.

Porównywaliśmy objętość góry z objętością worka, pojemność dzbana z pojemnością szklanki, dalej powierzchnię papieru z powierzchnią bloku, długość drutu z długością ołówka. Zatem można porównywać objętość z objętością, powierzchnię z powierzchnią, długość z długością. Ale nie można porównywać powierzchni np. z długością, bo ilekrotnie razy weźlibyśmy jaką długość, zawsze otrzymalibyśmy ~~ztąd~~ długość, a nigdy powierzchnię.

Jak samo nie można porównywać powierzchni z objętością, ani objętości z długością.

Przypuśćmy, że porównaliśmy potrzeby całą, trzy długości, np. trzech prętów A, B, C. Przekonaliśmy się, że

pręt A jest 3 razy dłuższy od pręta B;
pręt B jest 4 razy dłuższy od pręta C.

Lepiej wtedy obrać długość pręta C. za jednostkę, tj. powiedzieć:

Długość pręta A = 12 razy długości pręta C;
Długość pręta B = 4 razy długości pręta C.

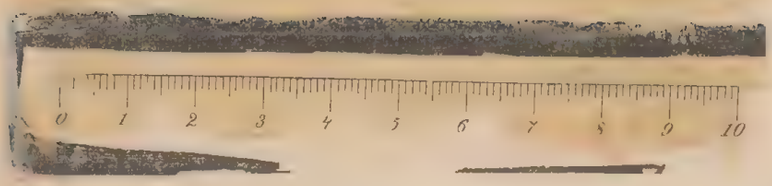
Gdyby wszyscy wiedzieli, jak długi jest pręt C, możnaby było powiedzieć poprostu:

Długość pręta A = 12.
Długość pręta B = 4.

§. 3. Jednostki metryczne.

Taką właśnie długością, którą wszyscy znają, jest w ~~naszym~~ wielu krajach

metr; dlatego używamy metra jednostką długości. Wszelkie długości mierzy więc porównywań z metrem, czyli mierzyć metrem. Gdy powiemy: „pięć metrów“ lub „półtora metra“, wszyscy będą wiedzieli, o jakiej długości mówimy, gdyż metr ma długość ustawowo prawem przepisaną i łatwo jest otrzymać jego kopię czyli odtworzenie. ~~[illegible]~~ — Metr wynosi jedną czterdziestomilionową część południka ziemskiego czyli koła, które, przechodząc przez oba bieguny, obejmuje całą kulę ziemską. Kilometrem nazywa się tysiąc metrów. Decymetrem nazywa się dziesiąta część metra; centymetrem — setna część metra; milimetrem — tysiączna część metra. Rys. 1. przedstawia decymetr, podzielony na centymetry i ~~centymetr po-dzielony na~~ milimetry. —



Rys. 1.

Rozległość powierzchni, czyli pole można porównywać tylko z innem polem; zatem jednostka pól musi być pole na zwyczaj obrane. ~~pole~~

Metryczną jednostką pola jest metr kwadratowy, czyli pole kwadratu, którego bok ma metra długości. Podobnież mamy decymetr kwadratowy, centymetr kwadratowy itd. Kwadrat z boku, równym dziesięciu metrom, nazywa się hektarem.

Jednostka objętości musi być pewna na zwyczaj obrana objętość. Metryczną jednostką objętości jest metr sześcienny, czyli objętość sześcianu, którego krawędź ma metra długości. Podobnież mamy decymetr sześcienny, czyli kubiczny litr; dalej centymetr sześcienny i t. d.

§. 4. Ruch.

Jeśli ktoś stoi na środku poko-

ją a później widzimy go kolo drzwi, powiadamy, że zmienił miejsce w pokoju. Gdybyśmy byli ciągle na uwadze, bylibyśmy zobaczyli, jak przechodzi od środka pokoju ku drzwiom, bylibyśmy widzieli jak się poruszał. Każda zmiana miejsca jest wynikiem ruchu. — Co nie zmienia miejsca, to jest w spoczynku tj. nieporusza się.

II Gdy więc chodzi ktoś, biega lub skacze, ~~[illegible]~~ jest w ruchu; a gdy siedzi lub leży, jest w spoczynku. Kamień, leżący na ziemi, jest w spoczynku. Gdy go podniosimy, jest ~~[illegible]~~ w ruchu; jeśli go rzucimy, porusza się, dopóki znów nie upadnie na ziemię. Wóz toczy się po drodze; chmury przesuwają się po niebie; łódź w morzu się kołysze; ~~[illegible]~~, huśtawka kołysze się,

drzewa ochraniają ~~i, [illegible] się,~~ ~~[illegible]~~; wszystko tonie przy tym ruchu. Wzdrowce woda jest zwykle w spoczynku, wstrzymania ~~się~~, w rzece, w wodotryskach jest w ruchu. ~~Wszystko powietrze jest zwykle w spoczynku, gdy powietrze jest w ruchu, przyjmamy do przeciągnienia, jest otwarte [illegible] [illegible].~~

~~† Powietrze w pokoju jest zwykle w spoczynku, tem, jest otwarte [illegible] się [illegible], [illegible] dwu [illegible] [illegible] [illegible].~~

!! Każdy ruch odbywa się w jaki kierunku; ~~[illegible]~~ kamień, np., ~~[illegible]~~ przerzucony [illegible] ~~[illegible]~~, ale nie rzucony, biegnie prostokątnie ziemi, czyli spada. ~~Kamień w powietrze prosto do góry, [illegible] biegnie, aż [illegible] [illegible] [illegible]

chwili co razto inny kierunek. —

— Ruch wzdłuż jakiejkolwiek linii, prostej czy krzywej, może odbywać się w dwu przeciwnych sobie kierunkach. Postać np., stojący na szynach, może poruszać się bądź naprzód, bądź wstecz. Samolód można ry-sować i rzeźbić. Statki i tratwy płyną, po razie zwrotu i podpróżu, ~~[illegible]~~

Drogą, w języku codziennym nazywamy miejce, przeznaczone na to, by po niem chodzili ludzie, biegły konie, toczyły się wozy i powozy. Lecz niekiedy nadajemy inne znaczenie temu wyrazowi, gdy np. mówimy,

„tedy wypada mi droga" lub „mam daleką drogę do odbycia". W języku naukowym drogą nazywamy linią, po której odbywa się pewien ruch. ~~Kiedy~~ Kamień, zpadły swobodnie, biegnie wprost na ziemię po drodze prostej pionowej t.j. w kierunku, jaki przybiera sznurek, na którym zawieszono ciężarek. ~~Kiedy pociąg biegnie po szynach, każde nasze koło, mocniej i mocniej porusza się po drodze, coraz bardziej zwarty, tylko koła odbywają zwoje, gdy podwozie przesuwa się naprzód i kręci się~~. Jeśli kamień uwiązany na sznurku, obracamy koło dłoni, ~~kamień~~ porusza się on po drodze kołowej. ~~Kiedy wiatr, wyrwie potrzeba~~ Porusza się szybko w czemności zapałkę, płynącą, wrzucimy ~~smugę~~ ogniotą łódź zapałka zostawia po sobie. Gwiazda spadająca

Г и

daje ślad świetlny na niebie. Statek, płynąc po jeziorze, wydziera widok, na chwilę na powierzchni wody. W tych parach widzimy drogę, którą odbywała zapałka w powietrzu, gwiazda na niebie, lub statek po wodzie. Kiedy piszemy kredą na tablicy, mamy drogę kredy po tablicy w postaci liter i wyrazów.

§. 5. Ruch wymaga czasu.

Żeby ujść kilometr po prostej drodze, potrzeba mniej więcej kwadransa czasu, czyli 15 minut. Jadąc średnim krokiem koniskiem, przebywamy ~~my~~ kilometr w 5 minut ~~mniej więcej~~. ~~Do przebycia kilometra~~ ~~Jedna minuta wystarcza~~. Dostatecznie prędkiem na kolei żelaznej ~~Do przebycia kilometra drogi~~. Wystrzelona z działa kula ~~armatnia~~ przebiega kilometr w ułamku ~~drugiej~~ sekundy.

[wystarcza, na przebycie kilometra, jedna minuta.,

~~[jedna minuta~~

[dwu

Nakoniec czemu nasza ~~nowej~~ (swej) drodze potrzebowała pociągnąć na przejście kilometra tylko $30\frac{1}{2}$ część sekundy ——

—— Możnaby ~~było~~ wytłomaczyć sobie, że jakieś ciało będzie miało prędkość, że przebywa kilometr w czasie jeszcze krótszym, np. w ciągu 100 taj, albo 1000 taj części sekundy; ale nie można przyjąć, że by wcale nie potrzebowało czasu na przebycie kilometra. W tej samej chwili ciało nie może być w początku i w końcu tego kilometra. ~~Zatem~~ Wszelki ruch wymaga czasu.

Kiedy pociąg wypadnie z szyn, wydaje się, jakgdyby w tej samej chwili już był wszędzie; lecz tak nie jest. Nie, trzeba jest policzyć spadający ~~prędkości~~ w biegu, zanim może ~~prędkości~~ dobiegnie do ziemi, mamy niewątpliwie czas zapostrzedz, co się dzieje i wprawić rękę w ruch,

przewaga

ażeby go pochwycić. Rzeczywiście: pierwszy żołnierz, pod-
ra metra od rzeczy, dobiegnie ~~rzeczy~~
jej dopiero po upływie pewnego pół se-
kundy.

§. 6. Prędkość.

Mówi się, że ktoś idzie prędko, jeżeli ubywa mu niedługi czas przebycie pewnej drogi. Jeśli kto inny tę samą drogę przebywa w czasie dłuższym, powiadamy, że porusza się mniej prędko, czyli z mniejszą prędkością. Zatem prędkość ruchu jest tem większa, im krótszy jest czas, potrzebny do przebycia pewnej ~~określonej~~ drogi. Kula ziemska ~~np.~~, jak mówiliśmy z §. 5-go, biegnie prędzej, niż kula armatnia; kula armatnia prędzej, niż pociąg pośpieszny; pociąg prędzej niż

~~F. Ponieważ porównujemy np. bieg prędzej, na torowy, albowiem tę samą drogę przebywa w czasie krótszym~~

pociąg, pociąg (jedzie) prędzej, niż ~~idzie~~ cyfrowiek pieszo. idzie.

~~Pociąg pospieszny biegnie prędzej niż towarowy, bowiem biegnie przebywszy kilkanaście stacyjnych przez, bez zatrzymania się.~~ ~~Ten pociąg pędzący pociągu biegnie prędzej.~~ ~~W wyścigach bez bicia wygrywa ~~ gwiazdy, który biegnie najprędzej.~~

Wyjechaliśmy jednocześnie ze stacji pociąg pospieszny i towarowy; po upływie godziny pociąg pospieszny zmacznie wyprzedził towarowy, tj. w czasie jednakowym ~~pociąg pospieszny~~ przebiegł drugą ~~dro~~ niż towarowy. Zatem, im prędkość ruchu jest większa, tem dłuższa jest droga, przebywana w jakimś oznaczonym czasie. Kto np. jest ścigany, biegnie, jak może najprędzej, bo pragnie przebywać w jednakowym czasie drogę dłuższą, niż ścigający go pogoń.

~~Tlowem~~

Γ drugą

§. 7. Prędkość stała i zmienna.

Kiedy pociąg, ~~będący~~ stojąc na stacyi, nie ma ~~[illegible]~~ wcale prędkości, czyli ma prędkość zadną. Kiedy mówi wyrazić, jedzie coraz prędzej, nabiera coraz większej prędkości, ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ ~~się zwiększa ruch jest przyspieszony~~. Rozpędziwszy się należycie, pociąg ~~[illegible]~~ nie przyspiesza ~~[illegible]~~, ale ~~go~~ też nie zwalnia; porusza się więc z prędkością stałą, czyli porusza się ruchem jednostajnym. Nareszcie, zbliżając się do następnej stacyi, na której ma ~~zatrzymać się, czyli~~ stanąć, pociąg ~~musi~~ hamuje się, więc zwalnia biega, zmniejszając swą prędkość. Znowu ruch będzie niejednostajny, ~~będzie~~ zmienny.

; tu ~~zatem~~ ruch pociągu jest przyspieszony. ~~[illegible]~~

~~[illegible]~~ ale będzie

Jeśli pociąg, zupełnie rozpę-

szny i biegnący jednostajnie, przebywa kilometr w ciągu minuty, tedy przebędzie piętnaście kilometrów w ciągu kwadransa, a sześćdziesiąt kilometrów w ciągu godziny. Zatem, czy powiemy, że porusza się z prędkością kilometra na minutę, czy też że z prędkością sześćdziesięciu kilometrów na godzinę, ~~jest to ~~ ~~jednak~~ będzie wszystko jedno. Jest to prędkość ta sama, jeśli ruch jest jednostajny. Zapewnie inaczej, jeśli ruch jest jednostajny. Kiedy wyjaśnimy się z szybkością, nie jest wszystko jedno, czy zwiemy ~~m~~ drogę przebytą w ciągu pierwszej minuty, czy ~~m~~ drogę przebytą w ciągu dziesiątej lub piętnastej minuty. W ruchu kwadratowym poczęty ~~jednolicie~~ obecnie oczywiście (daleko) dłuższą drogę, niż gdyby był się ~~nadal~~ ciągle poruszał z prędkością, jaką miał w pierwszej minucie.

przebywa

Ruch, złożony z dwu ruchów.

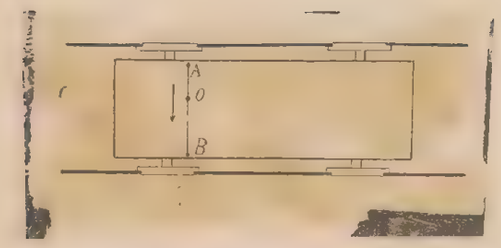
§. 5. ~~Dwa ruchy jednocześnie.~~

Można jednocześnie chodzić po pokoju i poruszać ręką. Ręka ~~ręka~~ uczestniczy wówczas w ruchu całego ciała, ~~tj. odbywa ten sam ruch~~ postępowy, jaki odbywa głównie tułów ~~całe ciało~~; ale prócz tego odbywa swój ruch własny, zupełnie tak samo, jakgdybyśmy wcale nie szli naprzód, lecz stali w miejscu. Mówimy ~~się~~, że ręka wykonywa jednocześnie dwa ruchy: ruch postępowy całego ciała i ruch własny; lub też że ręka wykonywa ruch, złożony z tych dwu ~~dwóch~~ ruchów.

tj. odbywa ten sam ruch —

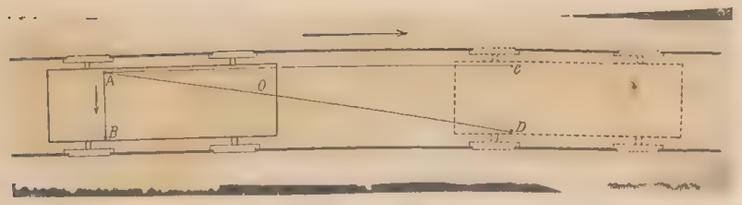
Kiedy w wagonie, który toczy się po szynach, ~~który~~ siedzimy zwrócony, ustawiamy ~~swoje~~ mię, co w obec wagonu, a jeżeli mówimy o ruchu względem wagonu. Rzeczywiście, gdy pociąg jest tam, dzieci, siedzący jego ~~siedzi~~ i

osoby, które w nim siedzą, wydają się nam nieruchome, i, gdyby nie turkot i wstrząśnienia, moglibyśmy sądzić, że się w ogóle wcale nie poruszamy. Wyjrzawszy przez okno, widzimy obraz, że uczestniczymy ~~[illegible]~~ w ogólnym postępowym ruchu wagonu; mianowicie widzimy, że względem ziemi, względem drzew, względem domów, postępujemy w ruchu.



Rys. 2

Przypuśćmy, że ktoś ~~chodzi~~ po wagonie ~~[illegible]~~ chodzi wzdłuż, np. od okna do okna. Jeśli wagon stoi równas w miejscu, wtedy droga, po której ten ruch się odbywa, jest np. prosta (AB; rys. 2.) Ale jaka droga idzie człowiek O, kiedy chodzi wzdłuż po wagonie (który) idzie ~~[illegible]~~ nie po, ruch (rys. 3.)? Człowiek odbywa wówczas jednocześnie dwa ruchy. A uczestniczy (jak wszystko co jest w wagonie) w ogólnym ruchu



Rys. 3.

postępowym wagonu ~~[illegible]~~, tj. chodzi w stronę po wagonie, tak samo jak chodziłby w nieruchomym wagonie. Dzięki pierwszemu ruchowi przebiega on w ciągu sekundy np. drogę AC; to byłaby jego rzeczywista droga, gdyby nie chodził wszerz po wagonie. Dzięki drugiemu ruchowi porusza się w ciągu sekundy od A do B; to byłaby jego rzeczywista droga, gdyby wagon stał w miejscu. Ostatecznie więc człowiek odbędzie jednocześnie drogę AC i drogę AB, czyli ~~będzie po linii AD~~ odbędzie drogę AD.

Dotąd

§. 9. ~~Siła~~ O sile.

Wiemy ~~Wiemy~~ z obrazu, ~~[illegible]~~ tj. że dwa przez się przedmioty się nie poruszają. Sprzęty w pokoju stoją nieruchomo, dopóki ich ~~[illegible]~~ kto nie popchnie, nie

~~potrzeba, nie dogiy, nie~~

potrzeba.

poruszie, nie podrzeć. Drzwi, choćby się najlżej otwierały, koło, choćby się na osi najgładziej kręciło, — nie poruszą się, dopóki nie wprawi ich w ruch jakaś zewnętrzna pobudka. Wiatrowka, pozostawiona sobie, tkwi w nieruchomym spoczynku, choć ma dość mało wzdętki, żeby ją poruszyć. Wskazówki zegarka nieporuszają się same przez się, leżąc na tarczy, ale ruszają się, w ruch przez sprężynę zegarka. Liście same przez się nie spadają z drzewa, liście na nich drżą, a kłosy zboża w polu się kołyszą, wszystko to sprawia wiatr. A zatem ciała, gdy są w spoczynku, trwają w nim, i przechodzą w ruch tylko pod wpływem zewnętrznej pobudki.

Zobaczmy, jakie to bywają zewnętrzne pobudki, które mogą wprawić ciała w ruch. Żeby poruszyć okno, drzwi, wiatrak, żeby

rozciągnąć mierzej lampę lub lusterko, żeby koło na osi wprawić w obrót, popychamy je ciągle, naciskamy je albo kawałek ciągnemy, jednowzględnie wywieramy na nie siłę. Widzimy, że sprężyna skręcona porusza kółka w zegarku, napędza je. Dobrze, jak ręka nasza mogłaby je poruszać, zatem sprężyna skręcona również może popychać, naciskać i ciągnąć, czyli wywierać siłę. Jeżeli wyciągniemy rzemień kauczukowy taśmę, czujemy jak mocno ona ciągnie rękę; taśma wyciągnięta wywiera więc siłę, którą się opiera wyciąganiu. Próbujemy wtedy drewko zgiąć i pochylić kawałek, czujemy, że drewko opiera się temu, ciągnie w dłoń, więc wywiera na nią siłę. Siłę tę nazywamy siłą sprężystości. Zamachujemy palcem wylot miecha i spróbujmy poruszać miech

jak wiemy, poznajemy, że powietrze ogrzane przez wulkanem, rozszerza się. Oczywiście to jest także siłą. Zawdzięczamy wzlot mieszkańców wielkim kawałkiem lodowy, który przyciskamy do jego brzegu. Gdy nagle jakoś odejmiemy, tamtura odskoczy; siłą, która ją wprawiła w ruch jest ciśnienie powietrza. Podobnie dzieje się przy wydarciu z działa; powietrze wyleciało z armaty pod działaniem siły, mianowicie ciśnienia gazów, które wytwarzają się pod podziałem nagle wskutek wybuchu naboju. Poruszenie wszelkie ciała, które się porusza, mocą siły wywołać. Jak kula bilardowa potrąca inną kulę i wprawia ją w ruch; w kręglach toczące się, kula przewraca słupki; mała piłeczka porusza mocną armatę; wiatr nagle porusza jak się powietrze obraca wszędzie, wnosi kurz do

~~góry, kołyszące liście, drzewa i krzewy, wyrwane niekiedy kapelusze z głów i nawet dachy z domów.~~

§. 10. Równowaga.

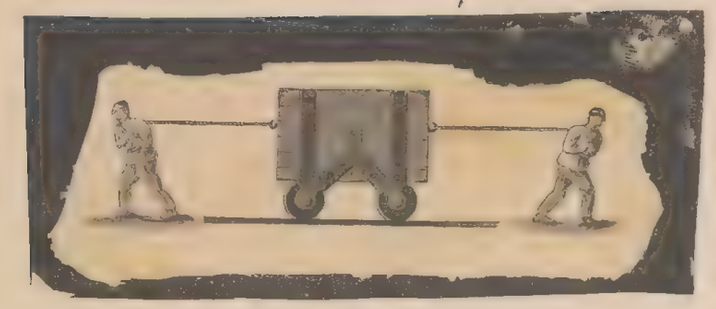
~~Powiedzieliśmy, że~~ Każda siła jaka działa na jakieś ciało, wyprowadza je ono z spoczynku i wprawia w ruch. Ale każdy ruch odbywa się w jakimś kierunku §. 5. 4.; zatem każda siła działa w jakimś kierunku, mianowicie w tym, w którym ruch nadaje. ~~Wyciągnięta linia np. ciągnie ciężar, w kierunku linii.~~ Drzewo z gęsto np. rośnie w tym kierunku, w jakim pomoce go na, po zwykłego położenia, gdy je ono, będzie od ~~[illegible]~~ nazisku.

Wyobraźmy sobie ~~[illegible]~~, że na jakieś ciało działają jednocześnie dwie siły, jednakowe, lecz mające w prost przeciwne kierunki. — Przypuśćmy np. że jedna ciągnie

siłami)

[uchwyty,

[siłui



Rys. 4

ciało ~~[illegible]~~ w prawo, a druga – w lewo. Ciało ~~[illegible]~~ nie poruszy się ani w prawo, ani w lewo, ~~[illegible]~~ przeciwnie wspomnieli. Mówimy wówczas, że siły równoważą się; ~~[illegible]~~, zresztą, pod działaniem dwóch jednakowych, lecz przeciwnych sobie sił, pozostaje w równowadze.

— Jeśli np. dwaj ludzie jednako, na [~~[illegible]~~, staną po dwu stronach wozu i każdy pod~~[illegible]~~ nie ciągnąć będzie (rys. 4), wóz ~~[illegible]~~ wozu nie ruszy się, lecz z miejsca, jak gdyby go nikt nie ciągnął. Jeśli z jednej strony ciągnąć go będzie dwóch ludzi, a z drugiej ~~[illegible]~~ jeden człowiek, wozu pójdzie w stronę silniejszą po ciągnieniu; ale wtedy potrzeba wysiłku dwóch ludzi pójdzie na zniweczenie siły trzeciego, który opiera ~~[illegible]~~ się z drugiej strony wozu. –

Fig. 5 Drzewko
Fig. 6 Dłoń
Fig. 7 Przegubowa ręka

§. 11. Siła ciężkości.

Podobnie, jak zgięte drzewko ciśnie na dłoń, jak kamyczek tłumi ją, ciągnie, podobnież ciska ją kamień, położony na dłoni, podobnież ciągnie ją na dół, gdy go w dłoni trzymamy. Jakaś siła musi więc działać na kamień, która sprawia, że kamień może ciśnąć lub ciągnąć. Siłę tę nazywamy siłą ciężkości.

Zastanówmy się, w jakim kierunku działa siła ciężkości? tj. w jakim kierunku nadaje ona ciałom ruch, kiedy ciała same nie mają jedna, trzymamy kamyk w ręku; aby go poddać działaniu samej tylko ciężkości, zostawiamy rękę, starając się nie popchnąć kamyka w żadną stronę. Kamyk zaczyna się poruszać. Dokąd pójdzie? my będziemy go szukali na ziemi

lub na sznurach? Zawieszona dość pojedyńcze, będzie spadać. Jeżeli puścimy po wyjęciu swobodnie, będzie spadać i prawie bez stanu, w kierunku pionowym, tj. w linii (§. 4.), w jakim wypręża się t. zw. pion, czyli nić obciążona jakimkolwiek ciężarkiem (rys. 6. f.). Trudno jest wypuścić coś z ręki wyjętnie swobodnie, nie popchnąć mimowolnie ciała chociaż trochę w jakim bocznym kierunku. Urządzimy więc doświadczenie w sposób następujący. W dwóch lub trzech kawałkach tektury wycinamy otwory okrągłe (rys. 7.) nieco większe, niż kulka metalowa k, stanowiąca ciężarek naszego pionu. Ustawiamy kawałki tektury nad sobą tak, ażeby otwory przypadały pionowo jeden nad drugim; tak będzie, skoro pion, wisząc swobodnie, będzie przechodził przez środki otworów.

Wciągnęmy teraz kulkę pionowo nad otwór najwyższy, przeciągamy nitkę ponad igłą lub stalowym drutem i ciągle jej umocowujemy w położeniu pochyłem (rys. 7.) Możemy teraz przepalić nitkę w A. dotykając jej rozkalonym prętem, wtenczas kulka spada bez żadnego popchnięcia i zobaczymy, że po kolei przez dolne otwory, wreszcie spada pionowo.

Siła ciężkości ma więc kierunek pionowy ku ziemi.

§. 12. Ciężkość w równowadze z innemi siłami.

Możemy wziąć młotek, stalkę drzewo i nachylić je ku ziemi. Dopóki trzymamy je w tem położeniu, siła sprężystości drzewa równoważy się z siłą naszych mięśni. Ale możemy utrzymywać

drewko w takiem położeniu, i ~~w inny sposób, np. jak~~ obciąży, wtedy je u góry ciężarem jak pokazuje rys. 5. Z jakąż siłą równoważy się teraz sprężystość drewka? Oczywiście siłą ciężkości. ——

—— W pionie niższym spokojnie (§. 11.) nitka wypręża się prosto, tak napiętnie, jak gdyby ją kto ciągnął ku dołowi. Jakąż siłą ją wypręża? Siłą ciężkości. Jeżeli ~~na nitce~~ na niesiemy bardzo znaczny ciężar (na nitce), ~~nitka się~~ zerwie się ~~nitka~~ (na nią) nie wytrzymuje działania bardzo znacznego ciężaru ~~ciężkości~~, podobnie jak nie wytrzymuje bardo znacznego ciągnienia. Większą wytrzymałość ma nitka na drut metalowy, który zerwanie się dopiero pod działaniem ogromnego ciężaru.

Wystawmy sobie drut OK., zaopatrzony w kulę K. (rys. 8) i zawie-

F ponieważ na haku może się obrócić, więc będzie w

wony na haku A. Zastanówmy się, dlaczego drut taki visi spokojnie w położeniu pionowem OK, gdy tymczasem w położeniu pochyłem OL nie jest w równowadze i zaraz ~~się~~ zwraca spadać ku OK. Oto dlatego, że siła ciężkości działa zawsze pionowo (§. 11.), drut zaś (tutaj ~~[illegible]~~ F ~~[illegible]~~ równowadze tylko pod działaniem takiej siły, która ~~[illegible]~~ wz. ciągnąć go wzdłuż. Gdyby np. ciężkość w położeniu OL działała w kierunku LN, mielibyśmy w tem położeniu równowagę; lecz ~~[illegible]~~ ciężkość działa w kierunku LP, więc równowagi ~~nie ma~~. — Oczywiście w jednem tylko położeniu OK ciężkość przypada w prostem przedłużeniu drutu. Tylko w tem tylko położeniu może być równowaga.

Pod działaniem siły ciężkości ruch kulki w L. odbywa się

nie wprost na dół, lecz po łuku kk, albowiem na inną drugą większą opór drutu. Najniższym punktem na tym łuku jest punkt k, ten właśnie, w którym może być równowaga. A zatem kulka k jest w równowadze gdy zawisła tak nizko, jak tylko ~~[illegible]~~ się może.

§. 13. Środek ciężkości.

Rys 9 — Rys 17

Na trójkątnej podstawie C. powinny płaską deszczkę drewnianą, AB. (rys. 10) tak, ażeby była w równowadze, tj. iżby się nie przechylała ni jedną ani drugą stroną. Postawmy teraz na niej jeszcze drugą deszczkę GG, równej długości od podstawki. Łatwo widzieć, że i teraz wszystko będzie w równowadze. Gdy ciężary działające na końce deszczki, można więc zrównoważyć przez opór

podstawki, który stoi na jej środku do góry, że dwie siły równoległe, dwa ciężary g. g. (rys. 11.) jakby składają się tutaj na jedną siłę wypadkową C., która działając na środek c. zastępuje siły g. g. obydwie razem. Podobnież będziemy mieli równowagę, jeśli na dźwigarek AB. (rys. 10.) położymy z każdej strony po dwa lub trzy ciężarki; razem 4 ciężary, 6. ciężarów można również zastąpić przez jedną siłę, mianowicie przez ich wypadkową C. przytoczoną do środka C. (rys. 12.) Zatem gdy mamy sztabę MN. (rys. 13.) możemy powiedzieć, że składa się z osobnych części, z których każda ma swój ciężar g.; wszystkie te ciężary g. g. . . składają się na wypadkowy ciężar G., przytoczony do punktu C. który nazywa się środkiem ciężkości. Środek ciężkości jest to więc punkt taki,

i cała siła ciężaru ciała jest jakby
na niego tylko przyłożona.

Zawieszmy jakieś ciało na nitce;
dopóki środek ciężkości niewiszedłdokładnie pod nitką, w jej prostem przedłużeniu, dopóty nie będzie równowagi, podobnie jak niemogło jej być w położeniu odchylonem drutu z kulką (§. 12.). Jak tedy w położeniu I. nie będzie równowagi (rys. 14) a w położeniu II. równowaga będzie.

Na tej zasadzie możemy znaleść położenie środka ciężkości w deseczce drewnianej ABCD. (rys. 15) – Zawieszamy deseczkę za jeden róg A. (rys. 15 a) i rysujemy na niej prostą, która w równowadze przypadałaby w przedłużeniu nici. Zawieszamy deseczkę za drugi róg B. i znowu rysujemy taką samą prostą. (rys. 15, B.) Ponieważ środek ciężkości musi leżeć i na pierwszej

prostej i na drugiej, przeto znajduje się w miejscu ich przecięcia O. Przeciwnie: jeśli zawiesimy Pescarkę jeszcze trzeci raz L. i poprowadzimy prostą w przedłużeniu nitki, przekonamy się, że prosta ta trafia w punkt O. (rys. 15. C.)

Ciężar ciała zawieszonego na nici równoważy się z wytrzymałością nici, a ciężar ciała podpartego - z oporem podstawy. Sądzimy, że cały ciężar ciała jest jakgdyby zebrany i skupiony w środku ciężkości i dąży nań na dół pionowo. Zatem: jeżeli linia pionowa, poprowadzona ze środka ciężkości, trafia w podstawę ciała, tedy ciało stoi, czyli jest w równowadze. Jeśli zaś ta linia trafia poza obręb podstawy, ciało przewraca się, bo ciężar jego nie znajduje ~~się~~ oporu, któryby go równoważył. Tak więc wóz na równej drodze jest w równowadze

łoczna pochyłej linii, wychodząca z środka ciężkości przenosi się na dół, zbliża się ku bokom. Na rys. 16. widzimy położenie, w którem przechodzi ona dokładnie przez koła (cz.); jeszcze większe pochylenie się wozu, a musi się przewrócić.

Na mocy tego co powiedziano, łatwą wytłomaczyć, dlaczego tak tu, dno jest postawione kij na stole; dlaczego go pochylamy się w lewo lub wyciągamy lewą rękę, gdy niesiemy ciężar w prawej ręce; dlaczego, żeby mocno i pewnie stanąć, rozstawiamy nogi jaknajszerzej i t. d.

§. 14. Praca.

Trzymając kamień w ręku, równoważymy siłę ciężkości siłą naszych mięśni; siła ciężkości ciągnie kamień na dół, my równie mocno ciągniemy go w górę. Jeśli

dzeń postępujemy mocniej, podnieśliśmy kamień przeciwko sile ciężkości. Powiadamy wówczas, że wykonaliśmy pracę przeciwko sile ciężkości.

Gdy chłopiec, niosąc ciężar wchodzi na schody, musi przezwyciężać dwojakie ciężkości przy każdym schodku, bo siła ta działa wciąż i oprócz tego podniesieniu ciała ciężkiego o każdy centymetr w górę. Na każdy schodek pójdzie więc pewna praca, a całkowita praca wykonana przez chłopca, powstanie z dodania do siebie tych wszystkich drobnych prac, czyli będzie ich sumą. Zatem, żeby wnieść ciężar na drugie piętro trzeba wykonać większą pracę, niż żeby wnieść go na pierwsze piętro. Praca wykonywana przeciwko sile ciężkości, jest tem większa, im większa wysokość, o którą podnosimy ciało.

Wstępowanie na schody, wspi-

nanie się na drabinę, wchodzenie na stromą górę, uczyni znacznie bardziej, niż przejście tej samej drogi poziomo, po równinie. Dlaczego? Albo, niem siła ciężkości działa wkrótce, ku pionowym, ku dołowi, (§. 11.) a zatem sprzeciwia się jedynie podnoszeniu się ciał tj. ich ruchowi pionowemu. Do góry. Ruchowi poziomemu siła ciężkości wcale się nie sprzeciwia. Gdy wznosimy się w górę, po schodach czy drabinie, musimy wykonywać przez przeciwko ciężaru, ciężaru naszego ciała; gdy przesuwamy się poziomo, nie mamy wcale tej pracy to wykonania.

Czemuż jednak, ciężkości, niż skrzynię po podłodze, lub kamień po stole potrzeba wysiłku? Ponieważ pomiędzy powierzchnią skrzyni a podłogą, pomiędzy powierzchnią kamieni a stołem działa tarcie, które sprzeciwia się

ruchowi. Na pokonanie tego oporu trzeba wykonać pracę, podobnie jak trzeba wykonać pracę na pokonanie oporu ciężkości, kiedy się podnosi ciężar do góry. Ale tarcie jest czemś zupełnie różnem od ciężkości. Np. kamień jest oczywiście jednakowo ciężki, czy leży na ziemi, czy na szkle, tymczasem tarcie kamienia o ziemię jest znacznie większe, niż tarcie o szkło. Jeśli chcemy podwieźć wóz do góry, mamy do czynienia z ciężarem wozu; kiedy ciągniemy go po drodze pokonywamy tarcie kół o ziemię i osi o panewka. Wiemy dobrze, że w tych dwóch razach napotykamy na opór całkiem odmienny. –

§. 15. Praca ciężkości.

Podnosząc kamień, wykonujemy pracę, przeciwko sile ciężkości. Ale praca ta nie ginie, nie jest

stracona. Możemy ją odzyskać jeśli pozwolimy kamieniowi opuścić się na dół napowrót. Wówczas siła ciężkości pracuje tj. dostarcza nam pracy. Gdy np. jako wytworzyliśmy na podniesienie ciężarków w zegarze dziennym, zwraca nam się napowrót, gdy ciężarki spadają, jest w przewiązki w bieg mechanizm zegara. Na stole a. (rys. 17.) mamy klos b. aby klos posunąć potrzeba pracy z powodu tarcia o stół. Przy tej dostarczy siła ciężkości, jeśli do ~~pra~~ klosa przywiążemy sznurek, sznurek ten przerzucimy ponad kółkiem czyli blokiem c., i zawiesimy na końcu sznurka ciężar a. Opadając ciężar, będzie ciągnął klos po stole, siła ciężkości będzie tu wykonywała pracę, która zużywa się z powodu tarcia. Za pośrednictwem sznurka przekładanego ponad blokiem możemy tak użyć ciężkości jednego ciała A (rys. 18.) na to, aby

podnieść drugie ciało B. Ciężar ciała A. musi być nieco większy, niż ciężar B. gdyż przy równości ciężarów nie „libyśmy równowagę. Para, jaką dość ciężkość ciała spadającego, pójdzie więc przedewszystkiem na pokonanie ciężkości podnoszonego ciała, a w części małej na pokonanie tarcia samych kloków i osi kloków i panewek, w których się mieszczą.

§. 16. Nadanie prędkości jest pracą.

Skoro kamień opada, siła ciężkości może więc dostarczyć pewnej pracy. Tę pracę wyzyskujemy zwykle, gdy ją na pokonanie tarcia lub podnoszenie innego ciężaru; ale jeśli kamień spada swobodnie nie wyzyskujemy tej pracy. Co się z nią dzieje? Co zostaje zużytą pracą, której może dostarczyć siła

szybkości? Zostaje ona zużyta na wży-
wienie ruchu spadającego ciała. Mo-
żemy przekonać się o tem na bloku,
(rys. 18.) Zawieszamy na sznurku po
jednej stronie szalkę i sypiemy weń
śrutu. Gdy śrutu jest mało przeciw-
waga opada bardzo prędko na dół; gdy
śrutu jest dużo, przeciwwaga opada
powolniej. Zatem, ile praca ciężkości działającej na ciało, nie rosta-
je zużyta na inny cel, otyle idzie
ona na ożywienie ruchu tego ciała
na nadanie mu prędkości. Kiedy pra-
cy tej wcale nie zużywamy, idzie ona
całkowicie na wytworzenie prędkości,
tak dzieje się przy spadaniu zupełnie
swobodnem.

Z tego widzimy, że nadanie je-
ksemuś ciału pewnej prędkości
jest także pracą. Żeby rzucić
kamień w górę, trzeba wykonać pra-
cę, tak samo, jak trzeba ją wykonać,
żeby kamień w górę wciągnąć

lub prędkość. Różnica jest tylko ta, że w pierwszym razie pracę musimy szybko, choć bardzo szybko, w ciągu krótkiej chwili; gdy tymczasem w drugim razie praca rozkłada się na cały czas podnoszenia kamienia.

Kiedy nadaliśmy jakiemuś ciału pewną prędkość, musieliśmy zatem wykonać na to pewną pracę. Ale praca, co do nic ginie, nie jest stracona. Pocisk, gdy został rzucony, (a więc otrzymał pewną prędkość) nabył przez to zdolności do wykonania pewnej pracy: może coś przewrócić, coś zdruzgotać, potłuc i t.d. Wszystko to jest pracą, co prawda zazwyczaj niepożyteczną lub szkodliwą. Kula armatnia wystrzelona może przebijać i rozwalać setny; dopóki zaś leży spokojnie jest martwym przedmiotem, który niezdoła uczynić nic podobnego. Jeśli chcemy wbić gwóźdź w deskę leżącą, dajemy mu to-pionowo,

mamy do przezwyciężenia opór, a więc pracę do wykonania. Nikt nie poprzestanie nadem, żeby w tym razie potrzeba młotek na głowę gwoździa; każdy wie, że ciężar młotka nie wystarczy, nie da potrzebnej do pracy. Każdy będzie uderzał młotkiem tj. nada mu pewną prędkość, wtedy nie pewną pracę, którą młotek wyda ~~podczas~~ uderzenia, na pokonanie oporu.

§. 17. Energia.

Pragnąc powiedzieć, że ktoś jest zdolny wiele uczynić, wiele zdziałać, nazywamy go energicznym i powiadamy, że ma wiele energii. Energią zatem w języku potocznym nazywamy zdolność do czynu. Podobne znaczenie ma wyraz „energia" w języku naukowym. Widzieliśmy, że kamień rzucony z pewną prędkością lub podniesiony

o pewną wysokość, nabywa zdolności wykonania pewnej pracy. Jest w nim więc zas pewien zasób pracy, którą każdej chwili może wykonać. Ten zasób nazywamy energią kamienia. Powiedzmy, że kamień pracowy ma pewną energię, dzięki swemu ruchowi, że kamień podniesiony ma pewną energię dzięki swemu położeniu. –

Żeby zwiększyć energię kamienia, trzeba wykonać pracę. Przeciwnie, gdy kamień dostarcza nam pracy, energia jego zmniejsza się. Sam przez się kamień przechowuje bez żadnej zmiany energię, jaką posiada. Na wyniesienie kamienia na szczyt góry potrzeba pracy; przez to wyniesienie kamień otrzyma energię, równą tej wykonanej pracy i tę energię przechowa, choćby tam całe wieki leżał.

Gdy ktoś ma pewien majątek, taby majątek ten rośnie wskutek do-

chodów właściciela, a należy przez jego rękę Datki. Otóż energia kamienia to jakby majątek; praca jaką łożymy na podniesienie lub pomnożenie go, jest potrzebna do dochodu a praca wykonywana przez kamień, odpowiada wydatkom.

§. 18. Energia ruchu i energia wzniesienia.

Poznaliśmy dotychczas dwa rodzaje energii: pierwszą, energię ciała poruszającego się — powtóre, energię, którą ma drobna cząstka każde ciało podniesione nad ziemią. Kiedy rzucamy kamień pionowo w górę, nadajemy mu z początku pierwszą rodzaj energii, energią ruchu. Ta energia zmniejsza się, w miarę jak kamień wznosi się wyżej i coraz powolniej się porusza. Lecz na to powstaje się energia wynikająca ze wzniesienia: to jest tem ważniejsza

rza, im kamień znajduje się wyżej. A zatem, tracąc na jednej energii, zato zyskuje na drugiej.

Gdy energia ruchu zupełnie się wyczerpie, kamień zatrzyma się na chwilę i zacznie spadać, jak gdyby go ktoś z wierzchołka tej drogi puścił swobodnie. Teraz, podczas spadania siła ciż będzie wprost przeciwnie, niż poprzednio. Energia, wynikająca ze zmniejszenia, będzie się zmniejszała, zato wzrastać zmni energia ruchu, a więc kamień będzie spadał coraz prędzej.

Dobiegając ziemi, kamień ma kierunek ruchu wprost przeciwny niż kiedy wybiegał z ponad ziemi w górę, ale prędkość ruchu ma tę samą, a zatem i tę samą energię ruchu. A więc, ile energii ruchu zamieniło się na energię wzniesienia podczas ruchu do góry, tyleż wytworzyło się jej napowrót kosztem energii wzniesienia, podczas ruchu ku dołowi.

§. 19. Praca w ruchu ukośnym.

Przypuśćmy, że wnosimy jakiś ciężar po pochyłości. Wówczas ciężar odbywa kolejno ruch dwojakiego rodzaju. Najpierw podnosi się pionowo (AB. rys. 19) potem przebywa szerokość schodka poziomo (BC) później znów podnosi się pionowo (CD), znów porusza się poziomo (DE) itd. Siła ciężkości sprzeciwia się jedynie pionowemu podnoszeniu się ciężaru, ruchowi zaś poziomemu wcale się nie sprzeciwia. A zatem mamy pracę do wykonania przeciwko ciężkości tylko na drogach AB. CD. EF. itd. Każda droga razem wzięta wynosi wysokość całą OZ. o którą podniesiono ciężar ostatecznie. Zatem możemy wykonać tę samą pracę wnosząc ciężar po drodze ABCDEFGHIJK. jak wciągając go do góry wprost, wzdłuż linii OZ.

Podobnie, żeby wciągnąć ciężar

po drodze prawej pochyłej AB. (rys 20) potrzeba tej samej pracy, jakiej potrzeba na drodze prawnej OK; na drodze AL. albo AM. trzeba takie tej samej pracy, jak na drodze OK. Przypuśćmy np. że AL., rys 20. wynosza poziom podłogi wysokości AM. też poziom sufitu. Powiadamy wówczas, że praca potrzebna do podniesienia ciężaru od podłogi do sufitu, zależy od wysokości pokoju, ale nie zależy od nachylenia drogi, jaką ciężar odbywa pomiędzy sufitem a podłogą. Wciągajmy ciężar C. (rys. 21) po pochyłej linijce AB. Skoro tylko nachylimy linijkę ku poziomowi położeniu, uwidzimy natychmiast, że czynszerzymy mogą mniejszego wysiłku, ale wówczas podniesienie ciężaru ograniczone będzie potrzebne opisywaniem dłuższej drogi, jak to widać na lepszej na rys. 20. Atoli tożymy wprawdzie mniejszy wysiłek, ale tożymy

go dłużej, na drodze dłuższej, dla tego ostatecznie wykonywamy pracę tej samej.

Jak wiemy, praca, którą wykonywamy przy podnoszeniu ciężaru, idzie na wzrost jego energii wzniesienia. Zatem ta energia wzrasta przy podnoszeniu ciężaru, zależnie od wysokości, o jaką go podnosimy, ale niezależnie od rozkładu drogi, po której go podnosimy. Na drodze AB. np. (rys. 10) energia ta powiększa się o tyleż, o ile powiększa się na drodze OZ., o tyleż powiększa się na drodze AC. i o tyleż na drodze AD. Możemy powiedzieć: na całym zapasie energia wzniesienia jest rzędnie jednakowa; na podłodze jest ona również rzędnie jednakowa, lecz jest mniejsza niż na suficie.

§. 20. Energia ruchu ukośnego.

Przypuśćmy, że puszczamy ciężar

przez punktów A. C. D. zapisu po drogach równocześnie nachylonych BCt. Ct. Dt (str. 20). Widzimy z p. wykonać całkę czynności, po których przeszła gładka kula. Wszystkie kule dobiegają do podłogi w A. z równemi prędkościami, więc z równemi energiami ruchu. Z kąd wzięła się ta energia ruchu? wszak wybiegając z B. C. D. kula z początku jej nie miała. Ta energia ruchu wytworzyła się z energii naprężenia; tyle ubyło tej ubyło drugiej, tyle wytworzyła się przemiany (§. 15). Ale widzimy, że na drogach Bt. Ct Dt. energii naprężenia ubyło jednakowo wiele; a zatem energii ruchu na tych drogach wytworzyło się także jednakowo wiele. Kule przybywają więc do A. wszystkie z jednakowemi prędkościami.

Gdybyśmy mogli teraz wprowadzić te kule, wraz z ich prędkościami

na nowe drogi AE. AF. AG. (rys. 22) takież wówczas dobiegłyby one mocą tych swoich prędkości? Powiadamy, iż dobiegłyby napowrót aż do sufitu, tj. aż do punktu E. F. G. Istotnie: rzucia z punktu A. kule mają tyle energii ruchu, ile ubyło energii wzniesienia po drogach AB. AC. AD. Teraz, po nowych drogach AE. AF. AG. energii wzniesienia będzie znów przybywało, kosztem energii ruchu i w punktach E. F. G. energia wzniesienia stanie się napowrót taką, jaką była w B. C. D. A zatem właśnie w tych punktach E. F. G. energia ruchu się wyzeroje, przejdzie; energia ruchu stanowi każdej kuli na dojście do sufitu bez względu na nachylenie jej drogi.

§. 21. Wahadło.

Lot prostolinego rzutki; gdy

kołysze się pion odchylony, czyli, gdy wahadło się waha. Kula wahadła (rys. 23.) z miejsca B. wysz zbiega na dół ku A. pod wpływem siły ciężkości zupełnie tak samo jak kula która zbiega na dół po nachylonej rynnie. — Różnica jest tylko ta, że jednej kuli przeszkadza w swobodnem spadaniu wprost na dół opór rynienki, drugiej zaś — wytrzymałość nitki wahadła; dlatego pierwsza kula biegnie po drodze prostej pochyłej, druga zaś po drodze która jest częścią obwodu koła, czyli łukiem koła.

Odchylamy wahadło, aż przyjmie położenie OB. i puszczamy je swobodnie. Widzimy wówczas, że kula jego biegnie ku A. przebiega przez punkt A. w największym rozpędzie i wznosi się z drugiej strony aż do C. tj. aż do punktu, leżącego równie wysoko po nad A, jak B. Tu się kulka zatrzymuje

na chwilę i zawraca ku A. Mamy tu zatem takie same przemiany, jak w przypadku poprzednim. W punkcie B. energia wzniesienia była większa niż w A, bo kulka znajdowała się dalej od ziemi. Na drodze BA. zatem energia wzniesienia zmniejszyła się, mianowicie zamieniła się w energię ruchu. Na drodze AG. przeciwnie, ta energia ruchu zamieniła się napowrót w energię wzniesienia, która w miejscu G. stała się znów taką, jaką była w B. Łatwo teraz zrozumieć, dlaczego kulka przebiegła przez miejsce A. z największą prędkością i dlaczego wzniosła się właśnie do punktu G. po stronie przeciwnej. Jeśli początkowo bardziej odchylimy wahadło np. aż do OC, kulka przebiegnie przez A. z jeszcze większą prędkością, a przeciwnej zaś strony podniesie się aż do C. –

Możemy i tak urządzić wahadło, aby kulka przebiegała drogi równe, nie nachylone. W tym celu obejmy gwóźdź w miejscu np. P. (rys. 24).

Droga od A do B. wahadła odbywa się, jak samo jak poprzednio; ale powracając od A. idzie widzieli, ka AP ponieważ nie w położeniu OA. zajmuje się gwóźdź P. i zbiera się tym sposobem do długości PA, której dziś równa się PB. Otóż spostrzegamy, że po tej nowej drodze AP. która jest widocznie bardziej stroma niż dawniejsza AB. kulka wahadła znowu dochodzi równie wysoko, jak przedtem, mianowicie do punktu P. położonego na tej samej poziomej jak B. i B. Podobnie, jeśli obejmiemy gwóźdź niżej, np. w R. nie okazuje się jeszcze bardziej droga od A. stoje się jeszcze bardziej stromą (AR), lecz kulka znów dosko-

dzi równie wysoko jak przedtem, mianowicie, aż do v.

Gdybyśmy wbili gwóźdź tak nisko, iż swobodna część nitki nierozstar, czyłaby nato, by kulka doszła do poziomu BS. (np. gdybyśmy go wbili w S.) wówczas wahadło owija się dokoła tego gwoździa, bo energia ruchu przy wzroszczeniu wzdłuż, wem przeniesieniu się z lewej strony jeszcze całkowicie nie jest wyczerpana.

§. 22. Bezwładność.

Pojmujemy teraz, dlaczego same przez się ciała nie przechodzą nigdy ze spoczynku w ruch (§. 9.) Albowiem samoprzez się żadne ciało nie może wytworzyć sobie energii ruchu. Żeby energią ruchu wytworzyć, trzeba pracy, zewnątrz, a więc działania

siły zewnętrznej.

Jeżeli zmowu ciało już jest w ruchu, czyli już posiada pewną energię ruchu, tedy samo przez się nie może tej energii powiększyć. A zatem, gdy ciało jest w ruchu, nie może samo przez się poczać na, gle przedtej się poruszać. Do tego potrzeba przecz zewnętrz, a więc działania siły zewnętrznej.

Lecz jak sama przez się ciało nie może zwiększyć swej energii, tak też nie może jej zmniejszyć samo przez się. Ciało tylko wte, dy traci na energii, kiedy wykonywa jakąś pracę na zewnątrz, czyli pokonywa działanie jakiejś obcej siły. Dopóki więc nie przeszkadza żadna obca siła, dopóty ciało, które jest w ruchu, będzie swój ruch zachowywało bez zmiany. —

Takie zachowywanie się ciał

nazywamy ich bezwładnością.

Przykłady bezwładności spotykamy codziennie. Przypuśćmy, że w wozie stoi człowiek. Jeśli powóz nagle ruszy, człowiek przechyla się w tył; to świadczy o bezwładności jego ciała. Istotnie, ażeby takiego człowieka poruszyć, trzeba, by przytoczyć siłę równomiernie do całego ciała. Tymczasem siła pociągowa zostaje przytoczona tylko do stóp; stopy człowieka idą razem naprzód, reszta ciała pozostaje w tyle. Podobnie, jeśli człowiek stoi w biegnącym wozie, a pociąg nagle zwolni, stopy zwolnią swój bieg; reszta zaś ciała zachowując swą prędkość, dzięki bezwładności pochyli się naprzód.

Coś podobnego dzieje się podczas trzęsienia ziemi: ziemia nagle porusza fundamenty bu-

dowli, reszta zaś budowli przez bezwładność trwa w swym pierwotnym spoczynku, dlatego prędzej trzęsienia ziemi gmachy pękają i rozpadają się. Z bezwładności korzystamy, gdy strząsamy z drzewa dojrzałe owoce; przez bezwładność dłuzi kij drewniany tamie się, kiedy trzymając jeden koniec wzgórz, próbujemy nagle nadać kijowi ruch bardzo szybki. Gdy wyskakujemy z powozu lub wagonu podczas biegu, czujemy, że ciało nasze dąży do pozostania w stanie ruchu. Chcąc przeszkodzić temu, rozpędzamy się; w jakim celu to czynimy? zaraz, gdy skończymy, ciało nasze przez bezwładność poleciało jak najdalej.

Przykład bezwładności mamy także w ruchu wahadła. Wiemy, że w położeniu pionowym OA. (rys 23, §. 21.) ciężkości

wyprzęża tylko nić w dół, ale bynajmniej nie dąży do nadania kulce jakiejkolwiek prędkości. Dlaczemu przy wahaniu się wahadła kulka przebiega poza to położenie A? tylko przez bezwładność.

Przyjmiemy, że rozdymając się z rozmachu, upuścimy monetę na podłogę. Wiemy, że spadnie ona obok naszych stóp, bez względu na to, w czym biegnie, czy jest zatrzymany. To dowodzi, że moneta zostawszy z ruchu postępowego całego pociągu na rzeczy wtedy, kiedy spada swobodnie, kiedy jej ratem nic nie popycha i nie ciągnie, tak być musi wskutek bezwładności, moneta spadająca zachowuje ruch, jaki miała za nim rozdała pociągu.

Dopatrzmy podobnie mają się rzeczy następującym przykładzie:

Gdyby rzucony kamień prosto do góry, spadnie on w to samo miejsce, z którego wybiegł w górę. Ale wiemy, że kula ziemska obraca się koło osi, zatem każdy punkt na ziemi biegnie wskutek tego ze znaczną szybkością, bo w ciągu 24 godzin musi obiedz koło, którego promieniem jest odległość miejsca, gdzie stoimy od osi ziemskiej. Największa odległość od osi jest największa, droga w ciągu 24 godzin do odbycia najdłuższa, zatem i prędkość największa, mianowicie 465 metrów na sekundę. W naszym kraju każdy punkt przebiega około 300 metrów na sekundę, wskutek obrotu ziemi. Gdyby więc kamień rzucony pionowo do góry, nie miał bezwładności, musiałby na powrotem na ziemię, zapewnie inny punkt ziemi pod sobą niż ten,

z którego wybiegł. Jeśli np. 5 sekund upłynęło od chwili rzucenia pod górę do chwili powrotu, kamień znalazłby się o półtora kilometra od miejsca z którego został rzucony, gdyby nie bezwładność.

Wszystko to są przykłady na prawo bezwładności, które tu jeszcze raz powtarzamy:

Prawo bezwładności. Ciała same przez się zachowują stan spoczynku lub ruchu bez zmiany; do takiej zmiany potrzeba działania siły. –

§. 23. Tarcie i opór.

Mogłaby się wydawać, że w niektórych razach ciała nie okazują bezwładności. Kiedy np. rozpędzimy koło na osi, ruch trwa przez pewien czas, ale niebawem staje się powolniejszy i wkońcu ustaje. Po-

Dobrze rozkołysana huśtawka, wyprzedza się powoli; wózek popchnięty po drodze, potoczy się niedaleko i niebawem zatrzyma się. —

Lecz w tych wszystkich ciałach jest jakaś nieustanna siła, która przeszkadza ruchowi. Koło, obracające się na osi, przezwycięża tarcie w panewkach; huśtawka przezwycięża tarcie o hak, na którym jest zawieszona; wózek, toczący się po drodze, doznaje tarcia o powierzchnię ziemi. Widzimy zaś, że do przezwyciężenia tarcia potrzebna jest praca (§ 14), ta praca bierze się z energii poruszającego się ciała, zatem energia ta musi się wyczerpywać, ruch musi ustawać. To też widzimy, że ruch trwa dłużej, gdy zmniejszono tarcie. Na osi wyoliwionej, koło kręci się znacznie dłużej, niż na nieoliwionej. Kula toczy się dłużej po gładkiej

pozadce niż po szynie: wózek popchnięty po lodzie potoczy się dalej, niż po szynie. Wagon na szynach kolei, biegnie bardzo długo sam przez się, skoro raz rozpędzony zostanie, na kolei konnej jeden koń ciągnie parę wagon bez wielkiego wysiłku. Lyżwiarz, wprawdzie się, sunie daleko po lodzie mocą samej bezwładności.

Zakręcając hamulec razem lub zworem, powstrzymujemy ruch kół przez poddanie ich znacznemu tarciu. Gdyby nie było tarcia, nie moglibyśmy poruszać kół za pomocą pasów, jak to widzimy po fabrykach i warsztatach; ani utrzymać nitki przy ręku, gdyż wyślizgiwała by się pomiędzy palcami pod działaniem elastyczności.

Widzimy, że ciało poruszające się doznaje tarcia od ciał,

z którymi styka się podczas ruchu. Otóż ciała są zazwyczaj otoczone powietrzem, z którego styka się ze wszystkich stron; stąd pochodzi nowa przeszkoda w ich ruchu, którą nazywamy oporem powietrza. Powiewając wachlarzem lub arkuszem tektury, odczuwamy opór powietrza. Im prędzej poruszamy arkusz tektury, a także im większy jest arkusz, tem mocniejszy opór czujemy. A zatem opór powietrza jest tem większy, im większa jest prędkość ruchu, oraz im większa jest powierzchnia, którą ciało rozpycha powietrze.

Ustawiamy na stół (rys. 25) płaską deseczkę drewnianą, opatrzoną bocznemi ramionami, końcem owym deseczki na wystawać nieco za brzeg stołu. Przybywamy ją ogrzeplarzem

żnej gazety. Spróbujmy podnieść gazetę nożem, krótkiem uderzeniem wystającego końca deseczki. Natrafiamy na tak opór, że możemy raczej złamać deseczkę niż podnieść w ten sposób gazetę.

§. 24. Masa.

Stwierdziliśmy, co powiedzieliśmy o nadawaniu ciałom ruchu.

Ażeby nadać ruch jakiemuś ciału, musimy niekiedy pokonać działanie siły ciężkości, niekiedy tarcie, niekiedy opór. Siły te pochodzą, pochodzą z czemś innego niż ciała. Ciężkość pochodzi od obecności kuli ziemskiej (jak później szczegółowiej zobaczymy); tarcie od ciał, których dotyka się ciało biegnące; opór — od ciała, w którem znajduje się ono. S

Są to więc przeszkody przygodne, czyli przypadkowe, zewnętrz nas mające.

Tymczasem, przy nadawaniu ruchu jakiemukolwiek ciału, znamy zawsze oprócz jeszcze trudność do przezwyciężenia, która leży bez zmiany, choćbyśmy zmniejszyli lub zniosli zupełnie wpływ ciężkości, tarcia i oporu. Są zatem trudności wynikające z własności samego pomysłu, jego z ciała, a nie z zewnętrznego wpływu otaczających ciał; jakoby nie przygodna lecz istotna. Pochodzi zaś stąd, że potrzeba wydawać pracę, ażeby podać ruch jakiemukolwiek ciału (§. 16.) Jak wiemy, stąd też pochodzi bezwładność ciał. (§. 22).

Dla mniejszej pracy, dla większego wyniku potrzeba, ażeby jakieś ciało nadać prędkość, tem mniejszem nazywamy to ciało, czyli innej

mówimy, że tem większą ma masę. Im większą masę ma ciało, tem trudniej mu też odebrać prędkość, którą już posiada.

Dużą kulę trudniej jest popchnąć po lodzie, aniżeli małą; zatem duża kula ma większą masę, niż mała. Jeśli jednakowego wysiłku potrzeba, aby poruszyć kulę drewnianą i kulę metalową z jednakową prędkością, tedy kule mają masy jednakowe. Można więc porównywać masy rozmaitych ciał; przyjąwszy masę pewnego określonego ciała za jednostkę masy, można masy ciał mierzyć. (§. 2) Lecz byłoby trudno ocenić dokładnie wysiłek, potrzebny do poruszania ciał, zdajemy sobie sprawę z większości tego wysiłku tylko mniej więcej, czyli przybliżenie. Dlatego obmyślono inne sposoby mierzenia masy, które niebawem poznamy.

§. 25. Masa a ciężar.

Wiemy z codziennego doświadczenia, że im większa jest masa ciała, tem trudniej je poruszyć. Istnieje jakaś zależność pomiędzy ciężarem ciała a masą ciała. Ale ciężar nie może być to samo, co masa; wszakże to dwie własności różnego pochodzenia i znaczenia. Ciężar oznacza siłę, z jaką ziemia przyciąga ciała ku sobie. Masa jest miarą wysiłku, potrzebnego do nadania ciału pewnej prędkości. Weźmy np. wrota żelazne masy i pewien ciężar i pewną masę. Gdy wciągamy wrota np. na piętro przy pomocy gwoździ, pomocy liny i bloku, mamy w oczach do czynienia z ich ciężarem. Gdy zaś wrota osadzono na zawiasach i chcemy je zamknąć lub otworzyć, uczujemy, jak trudno jest je poruszyć,

tj. jaką mają masę.

Zazwyczaj mamy do czynienia tylko z ciałami, które znajdują się tuż nad powierzchnią naszej kuli ziemskiej, dlatego wydaje nam się, że ciężar każdego ciała jest zawsze jednakowy. Tymczasem przekona, no się, że na bardzo znacznej wysokości nad powierzchnią ziemi (np. na wysokiej wieży lub w balonie) ciężar ciała jest nieco mniejszy, niż na samej powierzchni. W Paryżu np. znajduje się wieża mająca 300 metrów wysokości, u jej szczytu każdy ciężar jest mniejszy o jedną dziesięcio-tysięczną część niż u jej podstawy. Np. 10000 litrów wody u jej szczytu ma taki sam ciężar, jak 9999 litrów u podstawy. Tymczasem masa ciała zostaje jednaka na wszelkiej wysokości nad ziemią.

§. 26. Jak ciężar ciał na powierzchni ziemi zależy od masy.

Widzimy zatem, że masa – to całkiem inna własność ciała, niż ciężar. Ale jak powiedzieliśmy, pomiędzy masą a ciężarem ciała, na powierzchni ziemi musi znajdować jakaś zależność. Spróbujmy zbadać, jaka to może być zależność. Jakie to urządzenie, które nie znamy jeszcze sposobu na mierzenie mas, ani na mierzenie ciężarów?

Przyjmijmy, że mamy dwa ciała A i B.; niechaj B. ma masę dwa razy większą niż A. Wówczas B. ma pewnością ciężar większy, niż A.; lecz ile razy większy? Czy także dwa razy? Tego nie możemy z góry twierdzić; ale przypuśćmy na chwilę, że tak jest i zobaczmy, czy stąd

wynikało.

Wystawmy sobie, że ciało A i B. spadają swobodnie. Ciężar B. jest dwa razy większy, niż A; to znaczy, że siła ciężkości działająca na B. jest dwa razy mocniejsza, niż działająca na A. Ale też B. potrzebuje dwa razy większej siły do nabycia tejże, mej prędkości, jak A. skoro ma masę dwa razy większą. Zatem obydwa ciała przebędą prędkości jednakowych pod działaniem ciężkości.

Jeżeli masa ciała A. jest nie dwa razy, lecz trzy, cztery, czy ile, kolwiek razy większa od masy ciała A, toby ciężar B. musi być podobnież trzy, cztery i t. d. razy mocniejszy od ciężaru A. aby prędkości nabywane przy spadaniu, były jednakowe. Powiedzmy w ogóle: jeśli ciężary ciał są do siebie wstosunku

Lekkim. jak wszy (jeśli się, jak się
mówi proporcyonalne do mas)
tedy wszystkie ciała przy spadaniu
powinny nabywać prędkości jedna-
kowych. Lecz wyż nie widzimy
codziennie, że jedne ciała spadają
prędzej, niż inne? Np. kamyk,
moneta, kulka metalowa, spadają
widocznie prędzej niż lekkie pió-
ko lub strzępek papieru. Pamię-
tajmy jednakowoż, że ~~te~~ spadanie,
jakie widzimy wyraźnie, od-
bywa się w powietrzu; a ciało po-
ruszające się w powietrzu, doznaje
oporu. ~~powietrza~~ (spadające) Tre-
ba uwolnić ciała od ~~wpływu~~
tego oporu, ażeby podlegały je-
dynie działaniu siły ciężkości.

7 Doświadczenie np. wachlarzem, lub arkuszem tektury, dowodzi, opór powietrza.

§. 27. Wprawdzie wszystkie ciała spadają równie prędko.

Wnosze przejrzeniem doświadczenia

uwalniamy się od oporu powietrza. Z rury szklanej (rys. 26) zaopatrzonej w kran B. (który można zaśrubować na talerzu ~~[illegible]~~ pompy pneumatycznej; zob. ~~[illegible]~~ §.) wyciągnęto powietrze, trzymamy ją kranem do góry, tak że kulka metalowa i piórko, (które włożono do rury, przed jej zamknięciem) leżą przy końcu A. Przewracamy lekko rurę raptownie; ~~[illegible]~~; widzimy ~~[illegible]~~, że kulka ~~metalowa~~ i piórko spadają razem i jednocześnie dochodzą ~~[illegible]~~ do spodu ~~[illegible]~~. Otwieramy kran, i wpuszczamy tym sposobem powietrze ~~do rury~~, przekonywamy się, że piórko ~~spada powolniej, a~~ przybiega później do spodu rury niż kulka. Dlaczego tak się dzieje? dlaczego opór powietrza opóźnia bardziej spadanie piórka niż spadanie kulki? — Albowiem opór powietrza zależy

od powierzchni ciała, a nie od jego masy. ~~XXXX~~ Piórko ma większą powierzchnię, niż kulka, ~~wrzucona~~ więc doznaje od powietrza większego oporu. Nadto, ponieważ masa piórka jest mniejsza, więc skutek ~~jego~~ F na piórko będzie większy.

F tego oporu

~~Weźmy dwie kule: żelazną i drewnianą, obiegającą w kółko. Kule te mając powierzchnie równe, poczemu doznawać jednakowego oporu przy spadaniu w powietrzu. Lecz ta sama siła przyłożona do masy większej, sprawia skutek mniejszy, a zatem opóźnienie kuli żelaznej pochodzące z oporu będzie mniejsze, kula żelazna będzie w przebiegu drewnianą. Tak też dzieje się rzeczywiście. Lecz wyprzedzenie to będzie niemałe, ~~to ogół powietrza jest ono, wodowo uważamy w porównaniu, nie do siły ciężkości.~~ —~~

Weźmy kawałek żelaza Ż (rys. 27) i kawałek drzewa D, i przyciągnijmy je do siebie za pomocą sznurka. Wkładzemy drzewo na żelazo i puszczamy je swobodnie. Gdyby ciężkie żelazo miało jakąkolwiek dążność do spadania prędzego, niechby nam nie przeszkadzało wyprzedzić drzewo, oddalić się od niego, wyprzyjść sznurek jak na rys. 28ym. Ale tego bynajmniej nie widzimy: oba ciała spadają razem i dobiegają ziemi razem, jak na rys. 27ym. ——

— Przeciwnie, gdybyśmy wzięli D wzgłę, pozwolili żelazu Ż zawisnąć u spodu (rys. 28.) i w tem położeniu ciała puścili, wówczas w tem samem położeniu dobiegają ziemi. To dowodzi, że kawałek drzewa nie ma żadnej dążności do spadania prędzego niż kawałek żelaza. Zatem oba ciała dążą do poruszania się

z jednakową prędkością pod wpływem ciężkości. ~~Dlatego – tak gdybyśmy je mocno jeszcze w górę do siebie tak że nakreślilibyśmy jedno ciało, wówczas przy spadaniu ciało to przeszedłszy drogę, przeszło w całem, jedna część przeszłaby drugiej, choćby dwie razem razem byłyby biegły równie prędko, co oczywiście tak jest, mówią się bogowie równie prędko.~~ Czujemy ciężkości kamienia, dopóki go trzymamy w ręce, lecz opuścimy wtedy go w dół, lecz opuścimy go w dół, ~~i jeszcze jeszcze w górę, i tak dalej, chwilę ruchu ciężkość jest mniejsza~~

§. 28. Mierzenie mas.

Powiedzmy zatem, że wszystkie ciała spadają jednakowo prędko

F (§26)

pod wpływem samej tylko ciężkości, To ~~...~~ jak wiemy F jest dowodem, że masy większe mają też ciężary większe, mianowicie większe w tym samym stosunku. Zatem, ażeby mierzyć masy, trzeba mierzyć ciężary ciał. Do tego celu służy waga. Składa się ona z belki AB (rys. 29), w której pośrodku mieści się na dół zwrócony trójkątny stożek czyli pryzmat C. Tym pryzmatem belka opiera się na podstawie K, tak, że ostrze pryzmatu stanowi oś, ~~na~~ około której belka się waha. ~~się mieści~~ Urządzenie to łatwo zrozumieć z bocznego widoku podstawki ~~belki jak na rys.~~ (rys. 30.). Belka dźwiga z dwóch stron szalki M, N; ~~na dwóch widzimy więc, szczegółu~~. W pośrodku ~~belki~~ opatrzona jest we wskazówkę C, ko, tymże się belki poznajemy po

ruchu tej wskazówki przed skalą B.

Wobec tedy drutu zwyczajnie jak Doscerka F ~~który postępowaliśmy~~ ~~się w § 13-ym~~; Dopóki ~~jest~~ szalki są jinstr., belka znajduje się w równowadze, gdyż szalki są jednakowo ciężkie. Skoro ~~jak belka powiesimy~~ naciśniemy ~~nasamy się~~ tylko jedną szalkę ~~lub~~ F zaczyna się ~~belka~~ kołysać, ale się nie przewraca; ~~bo środek~~ środek ciężkości belki i szalek ~~nagodnie widzisz~~ znajduje się poniżej ostrza przymiotu C, zatem waga zachowuje się jak ciało zawieszone, a nie jak podparte (§. 13). Kiedy na jednej szalce, np. na prawej, leży ciało cięższe niż na drugiej, szalka ~~F~~ prawa przeważa, wskazówka idzie na lewo. Ujmując albo dokładniej, doprowadzimy do tego, że wskazówka stoi nieruchomo w pośrodku skali, lub też

F AB w § 14-ym i wogóle jak dźwignia równoramienna.

F belka

wychyla się w obie strony jednako, wo daleko. ~~[illegible]~~ Na szalkach leżą równe ciała, których ciężary są równe.

W tem sposób porównywamy ciężary różnych ciał z ciężarem odważników, czyli umyślnie przygotowanych ~~[illegible]~~ ciężarków; ~~[illegible]~~ ciężary ich ustalamy, tj. porównamy z jednostką ciężaru. Tem samem, jak ~~[illegible]~~ wiemy, porównywamy też i masy ciał, które ważymy, z masą ~~ciężarków~~ odważników, a ich pośrednictwem z naszą obraną za jednostkę. Za jednostkę masy obrano gram, tj. masę jednego centymetra sześciennego czystej wody. Dziesięć gramów nazywamy dekagramem, tysiąc gramów - kilogramem, tysiączną zaś część grama - miligramem. A zatem ~~jeden~~ milimetr sześcienny wody ma masę ~~jednego~~ miligrama, czyli waży ~~jeden~~

miligram; ~~jeden~~ litr, czyli ~~jeden~~ decymetr sześcienny wody waży ~~jeden~~ kilogram, a ~~jeden~~ metr sześcienny wody waży tysiąc kilogramów. ~~[illegible]~~

Na rys. 51. widzimy kubek szklany dzielony; skala wycięta na szkle oznacza, że aż do kreski 10. np. mieści się w nim dziesięć gramów wody ~~[illegible]~~ i t.d. Mając wagę i dokładne ciężarki można ~~[illegible]~~ przyrządzić taki kubek ~~[illegible]~~ albo też sprawdzić rzetelność gotowego kubka. ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~

§. 29 Gęstość.

Zróbmy sześciany, mające po centymetrze długości w krawędzi, a więc równe każdy centymetrowi sześciennemu. Zróbmy jeden z oliwin, drugi z ~~drzewa~~ żelaza, trzeci ze szkła, czwarty z lodu, piąty z drzewa (jakiegoś np.) szósty z korka.

Widzimy odrazu, że sześcian oliwinowy jest najcięższy, a korkowy – najlżejszy. Ale za pomocą wagi ~~[illegible]~~ możemy poznać dokładniej, ~~[illegible]~~

sześcian oliwinowy waży około 11 gramów
" żelazny " " $7\frac{1}{2}$ "
" szklany " " $2\frac{1}{2}$ "
" z lodu " " $\frac{9}{10}$ "
" z drzewa " " $\frac{1}{2}$ "
" z korka " " $\frac{1}{4}$ "

Gdyby można było zrobić z wody taką bryłkę, równą centymetrowi

Ze:

W dwóch kolumnach na środku strony; tak:

11 gr	$\frac{9}{10}$ gr
$7\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

sześciennem, ważyłaby ona jeden gram. Widzimy więc, że w pewnej objętości żelaza i szkła mieści się masa większa, niż w tej samej objętości wody; i w pewnej objętości lodu, drzewa i korka mieści się masa mniejsza, niż w tej samej objętości wody. Mówi się, że ołów, żelazo, i szkło są gęstsze, ~~niż woda, że~~ a lód, drzewo i korek - ~~są~~ mniej gęste niż woda. Gęstością nazywa się ~~[illegible]~~ F liczbę gramów w centymetrze sześciennym. A zatem woda ma gęstość 1, ołów ma gęstość = 11, żelazo = $7\frac{1}{2}$, szkło = $2\frac{1}{2}$ - lód ~~[illegible]~~ 0·9, drzewo jodłowe = ~~[illegible]~~ 0·5; korek ~~[illegible]~~ 0·25. —

~~Skoro centymetr sześcienny ołowiu waży 11 gramów, zatem jeden gram ołowiu zajmuje tylko jedną jedenastą część centymetra sześciennego. Jeden gram drzewa jodłowego zajmowałby~~

~~przeciwnie dwa centymetry sześcienne, a jeden gram korka – sześć centymetrów sześciennych. Im większa więc gęstość jakiegoś ciała, tem mniejszą objętość zajmuje jego gram.~~ –

Rtęć jest cieczą ciężką jak woda, ale ma gęstość bardzo znaczną. Dróżnowazmy na szalkach wagi dwa kubki ~~[illegible]~~ jak na rys. 32. Jeśli do jednego wlejemy dziesięć centymetrów sześciennych rtęci, trzeba będzie wlać do drugiego 135 centymetrów sześciennych wody, żeby przywrócić równowagę. Zatem gęstość rtęci wynosi 13·5. Gęstość alkoholu (spirytusu) wynosi 0·8, a gęstość oliwy 0·9. Mierzymy gęstość tych cieczy najlepiej za pomocą baniki szklanej (rys. 32), którą ważymy najprzód pustą, następnie ~~pełną wody, pełną alkoholu~~ F (pełną wody) ~~pełną~~ (aż do jakiej kresk. w wyciągniętym kowcu) pełną ——— alkoholu, oliwy itd. Odejmując za każdym razem ciężar baniki

jnnej, zmyjdziemy ciężary wody, alkoholu, oliwy, które wypełniały tę samą objętość a stąd ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ gęstość alkoholu i oliwy.

§. 30. Ruch ciała rzuconego.

Gdy puszczamy jakie ciało swobodnie, będzie, biegnąc ono na dół po linii pionowej (§. 11.). ~~Zobaczmy~~ Teraz, jak się ciało porusza, gdy je rzucimy z pewną prędkością w jakim bocznym kierunku? ~~Niech~~ Będzie ~~[illegible]~~ odbywało dwa ruchy jednocześnie: ten, który nadałem mu i ten, który wytwarza ~~Wywołuje~~ siła ciężkości. ~~czyli pozy[illegible] [illegible]~~. Przypuśćmy, że z wieży lub z góry wystrzelono kulę armatnią w kierunku AK. (rys 33). Gdyby nie było ciężkości, kula pobiegłaby z kierunku AK. i przez bezwładność musiałaby biedz w tym kierunku coraz dalej i dalej. Ale

Fado

ciła ciężkości ~~[illegible]~~ od pionowej chwili i pociąga kulę ku dołowi. Dlatego też ~~kula~~ zamiast do Z' np. F dochodzi do c', zamiast do Z'', dochodzi do c'' i t. d., jednem słowem odbywa drogę AC. Gdyby wystrzelono kulę w A. z większą prędkością (np. za pomocą silniejszego naboju) zdarzyłoby się, że pobiegłaby dalej w stronę AD, zanimby ją ciężkość F ~~[illegible]~~ F zdołała pociągnąć ją o tyle, jak przedtem, ku dołowi; ——— ~~[illegible]~~ zatem przy większej początkowej prędkości drogą kuli będzie np. AD.

W razie ~~przy~~ mniejszej prędkości, przeciwnie, drogą będzie np. AB.

§. 31. Bieg księżyca dokoła ziemi.

Wiemy podstawowi, że ziemia nie jest płaska, lecz kulista; rozważmy więc ruch naszej kuli, powiedzieć o tem. Naprz. 34. widzimy zcześ ziemi ~~[illegible]~~ F gdyby ziemia była płaska, kula wystrzelona z A, byłaby spadła

F kula

F GEFL

F C,

jak powiedzieliśmy w C.; istotnie więc spadnie nie w F, lecz w E. Wystrzelo, na stronę, spadnie nie w D, lecz w I. Widzimy też i linia powierzchni ziemi GH. obniża się coraz niżej pod poziom linie GJ, tak jak linie AE, i AF. obniżają się pod poziom AK; tylko, że linie AE i AF. obniżają się prędzej, więc dochodzą do powierzchni ziemi GH. Możemy jednakowoż przypuścić, że wystrzelono kulę z wieżyczki A z taką prędkością, że pobiegnie ona podwodze AK. tj. podwodze, która obniża się zwyż, nie tak samo pod poziom AH, jak GH. obniża się pod poziom GJ. Również kula, chociaż stale spada, nie zbliża się ~~powierzchni kuli~~ do ziemi; o ile F kula mniej, za się pod działaniem ciężkości, o tyleż oddala się powierzchnia ziemi wskutek swej kulistości. Co zatem stanie się z kulą? okrąży ~~ziemię~~ ziemię

F bowiem

~~[illegible] powróciłby ze strony przeciwnej, a będzie [illegible] wiecznie tak krążyć, tamtrzyć się od ziemi nastały [illegible]. Jakoby [illegible] [illegible], [illegible] byłby wyrzucono kulę z jeszcze większą prędkością, [illegible] taby [illegible] od ziemi i [illegible] by [illegible] [illegible] [illegible]

~~[illegible]~~ nie pozwala kuli uledz ciężkości i upaść na ziemię.

Wiemy, że siła ciężkości działa na najwyższych górach i w największych wysokościach, do jakich wznieszono się balonami. Księżyc znajduje się jeszcze zaś[illegible] i w największej odległości ciężkość jeszcze jest czynna. — Teraz ~~[illegible]~~ zrozumiemy, dlaczego księżyc obiega wciąż naszą ziemię do koła, ani nie spadając na nią, ani nie odbiegając od niej. Bo księżyc krąży tak, jak nasza kula, która została po drodze AK. Zacna ta sama siła która ~~[illegible]~~ nadaje ciałom ciężar, która wyprostowuje pion, i zmusza wyrzucone jabłko do spadania, ta sama siła nie pozwala księżycowi odbiedz po linii stycznej, ~~[illegible]~~ lecz ustawicznie zakrzywia jego drogę i zmusza go tym sposobem do krążenia w koło

F wyżej nad nami, znacznie dalej od ziemi; ale niewątpliwie

F przyciągania ziemi,

ziemi. ~~Siła ta jest ciężkość czyli przyciąganie ziemi.~~

~~Ale~~ Udowodniliśmy, że ciężary ciał na ziemi są proporcyonalne do ich mas (38. 26. 27. 28). Zatem powiedzmy: siła ~~powiedzmy~~ przyciągania ziemi jest proporcyonalna do masy ciała, przyciąganego przez ziemię.

§. 32. Prawo przyciągania.

Księżyc obiega ziemi dokoła ziemi w ciągu 27 dni, 7 godzin, 43 minut i Mechnud; ~~to Fuwey~~ w ciągu 2360591 sekundy. Ponieważ trzyma się od środka ziemi na odległości przeszło 60 razy znaczniejszej niż promień kuli ziemskiej, tj. na odległości około 384.400 kilometrów; przeto obwód koła, podczas biegunie, mierzy około 2415.200 kilometrów. W ciągu jednej sekundy księżyc

[innemi słowy,

F po drodze swej około ziemi,

przebiega więc około 1025 metrów czyli przeszło kilometr. ~~po swojéj drodze dookoła ziemi~~. Ztąd możemy obliczyć, o ile w ciągu sekundy zakrywa się droga księżyca w kierunku ku ziemi.

Przypuśćmy np., że ziemia jest w Z. a księżyc w K. (rys. 35). Gdyby ziemia nie przyciągała, księżyc poszedłby wkierunku KL; tymczasem pod wpływem przyciągania porusza się po łuku ~~KM~~ KM. Wystawmy sobie, że rys. 35. powiększono, aż do rozmiarów prawdziwych; wówczas linia ZK. ma 384400 kilometrów długości, łuk zaś KM. ma kilometr i 25 metrów długości, jeśli księżyc przebiega go w ciągu sekundy. ~~Łuc~~ Możemy wykryć, że wówczas ~~łuc~~ KM. zmiałby tylko 1,36 milimetra. A zatem przyciąganie ziemi sprowadza księżyc z drogi, którą odbywałby przez ~~bezwład~~

F Kll.

F odcinek

bezwładnie, o 1·36 milimetra w ciągu każdej sekundy. Gdybyśmy więc zaczęli kręgę i puścili go swobodnie, poczęłby ~~—~~ biedz ku ziemi, więc w pierwszej sekundzie zbliżyłby się do niej o 1,36 milimetra. Ale wiemy (§ 27) że wszelkie ciała, lekkie czy ciężkie, spadają, równie prędko pod wpływem przyciągania ziemi. — Zatem nie tylko kręgę, lecz wszelkie ciało, spadając ku ziemi, w tej odległości kręgi, przebiegłoby w pierwszej sekundzie 1·36 milimetra. ———

— Tymczasem, na powierzchni ziemi każde ciało, spadając swobodnie, przebiega w pierwszej sekundzie 4·9 metra tj. 3600 razy więcej. ~~więcej odległości kręgi~~. Widzimy zatem, że przyciąganie jest 3600 razy mniejsze w odległości kręgowej od środka ziemi, niż na jej powierzchni; to znaczy, że

w odległości 60 promieni kuli ziemn., o której jest 3600 razy mniejsze, niż wzd. odległości jednego promienia. Lecz 3600 = 60×60, dlatego też liczba 3600 nazywa się kwadratem liczby 60. Powiadamy zatem: gdy ciało oddala się od ziemi, przyciąganie jakiego doznaje od ziemi, zmniejsza się tyle razy, ile razy kwadrat odległości jego od środka kuli ziemskiej się zwiększa.

F ~~Ztąd wynika, że przyciąganie się ciężaru ciał, które położone bardzo wysoko ponad powierzchnią ziemi (§ 23). Zmniejszenie się to jest niewielkie, bo położenia się nawet nad ziemią się dziesięć powiększenia do promienia ziemi (6370 kilometrów)~~

F Mówi się krócej: przyciąganie jest odwrotnie proporcyonalne do kwadratu odległości . . . –

§. 33. Ciążenie powszechne.

1 Jak księżyc, dopóki ziemi, zupełnie podobnie krąży ziemia dokoła słońca. Utrzymując się w odległości

1.485.000 kilometrów od słońca i obiega, jak w ciągu roku koło, zakreślone tak ogromnym promieniem, ziemia nasza ~~[illegible]~~ w ciągu sekundy przebiega blisko 30 kilometrów (dokładniej 29·6) ~~[illegible]~~, oczywiście tak znaczną prędkość, utrzymuje ~~[illegible]~~ na wodzy przyciąganie słońca. Albowiem przyciąganie ~~jest proporcjonalne nie tylko do mszy ciała przyciągającego (§. 31), lecz również do mszy ciała przyciąganego; słońce zaś to było zwiększe jeszcze potężniejsze niż ziemia. Trzeba by było ogromnie 324.440 takich mas jak ziemia, aby otrzymać masę słońca. Ta~~ Olbrzymia bryła słoneczna utrzymuje swem przyciąganiem na wodzy nie tylko ziemię, lecz również inne ciała niebieskie, które widujemy nocą jako świetne gwiazdy i

F ziemię naszą,

F działa ~~[illegible]~~ pomiędzy słońcem a ziemią tak samo, jak działa ono pomiędzy ziemią a księżycem. ~~Słońce pociąga~~

słońce nazywamy planetami. Słońce, co przyciąga ziemię i planety, nie pozwala obiegać im po różnych liniach prostych, ustawicznie zakrzywia ich drogi i zmusza je tym sposobem do krążenia koło siebie. ~~Lecz widzimy, że~~ Nie tylko ziemia, ~~przyciąga~~ ~~nie tylko~~ słońce przyciąga; podobnież przyciągają i planety. Dokoła niektórych planet biegną księżyce jak dokoła naszej ziemi. Co więcej: ~~przekonano się~~ i księżyce przyciągają naszą ziemię, i ~~ta~~ nasza ziemia przyciąga słońce, i ~~ta~~ planety przyciągają słońce i się przyciągane przez swoje księżyce. Przyciąganie ~~nie~~ jest zawsze obustronne, wzajemne; dlatego nazywamy je także ciążeniem. Ziemia przyciąga kamień i kamień przyciąga ziemię; przyciąganie z obu stron jest dokładnie jednakowe, ~~Ale~~

] Słońce także, jak ziemia, przyciąga każde ciało proporcjonalnie do jego masy a odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości; ale przyciąga mocniej, niż ziemia, bo ma znacznie większą masę.

[tak samo,

[ponieważ przyciąganie zależy zarazem od masy ciała przyciągającego i od masy przyciąganego. —

ta sama siła nadaje ciału prędkość tem mniejszą, im masa tego ciała jest większa. (§. 24) Otóż ma, że ziemi jest miliony milionów razy większa, niż masa kamienia; dlatego, gdy oba ciała poczynają spadać ku sobie, bieg ziemi ku kamieniowi jest miliony milionów razy powolniejszy niż bieg kamienia ku ziemi. — Pomiędzy wszystkiemi bez wyjątku ciałami na świecie zachodzi takie wzajemne ciążenie. Kulka pionu przyciąga nietylko ziemię, ale także i górę, ~~choć w~~ F ~~znacznie słabiej~~ F tylko słabiej, bo ma znacznie mniejszą masę niż ziemia. To też w pobliżu góry pion nie wisi dokładnie pionowo, lecz F nieco się ku niej F odchyla. — ~~się nieco w kierunku góry~~. Podobnież ~~woda~~ woda ~~w morzach~~ oceanów jest przyciągana przez księżyc, słońce i zkąd po-

wstaje zjawisko, zwane przypływem i odpływem morza. Powiedamy, jednem słowem, że ciążenie jest powszechne.

Ciążenie powszechne panuje w świecie i rządzi ruchem ciał nie„ bieskich i ziemskich. Odkrył to i udowodnił ~~słynik~~ Newton (czyt. Niuton) który żył temu lat dwieście. Tem odkryciem zasłużył na cześć i uwielbienie całej ludzkości. –

F uczony, uczonym

(Konsta części I-ej.)